



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
(IMST- Fonds)**

S5 „Entdecken, Forschen und Experimentieren“

ELEKTROCHEMIE

FUNKTION UND BEDEUTUNG EINER PEM-BRENNSTOFFZELLE IN VERBINDUNG MIT EINER SOLARZELLE

ID 611

Johann Halb

Johann Halb

HS I Pöllau / Hartberg

Pöllau, im April, 2007

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	3
1 EINLEITUNG	5
1.1 Festlegung des Themenbereichs	5
1.1.1 Zielsetzung	5
2 DER PROJEKTVERLAUF	8
2.1 Demonstrationsstunden	8
2.1.1 Schülervorbereitungsarbeiten für Experimentalvortrag	8
2.1.2 Durchführung der Vorbereitungsarbeiten	9
2.1.2 Ablauf der Gruppenarbeiten	10
2.1.4 Präsentation der Gruppenarbeiten in der Klasse	13
2.1.5 Beurteilung der Experimentalpräsentationen	13
2.1.7 Bewertungen der Gruppenarbeiten	17
2.2 Befragung der Schüler/innen	22
2.3 Schluss	29
3 LITERATUR	32

ABSTRACT

Das Thema befasste sich in erster Linie mit dem Gedanken der Umweltverbesserung in Bezug auf Luftverschmutzung. Durch die Alternativenenergiewandler Brennstoffzelle und Solarzelle sollte eine mögliche Teillösung dieses Problems aufgezeigt werden. Die Arbeit der Schüler/innen bestand vor allem darin, durch selbständiges Arbeiten an einem Experiment, dessen Hinterfragung und Präsentation, die Zusammenhänge in Bezug zur Umwelt besser verstehen und erklären zu können.

Konkret wurden folgende Ziele gesetzt:

Nach der Vorstellung von sechs Themen („Eigenschaften von Wasserstoff und Sauerstoff“, „Elektrolyse – Knallgasreaktion“, der „Graphitminen – Akku“, die „Koks – Brennstoffzelle“, die „Solarzelle“ und das „Solar- Brennstoffzellenmodellauto“) sollten sich die Schüler/innen für ein Thema entscheiden. Danach mussten sie sich zu dritt oder zu viert in Gruppen zusammenfinden. Die Schüler/innen der 4.a Klasse bekamen den Auftrag sich zu homogenen Gruppen zusammen zu schließen, also Mädchen mit Mädchen und Buben mit Buben. Die Schüler/innen der 4.b Klasse sollten heterogene Gruppen bilden. Anschließend wurden allen Schülern/innen im Klassenverband die wichtigsten Reaktionseigenschaften der Elemente Wasserstoff und Sauerstoff mit Demonstrationsexperimenten, durch den Lehrer vermittelt. Im Anschluss an die Vorführungen waren die Schüler/innen angehalten, Fragen zu stellen. Die Fragestellung hatte den Sinn, die Schüler/innen erfahren zu lassen wie wichtig es für ein besseres Verständnis sein kann, ein Experiment nicht nur zu beobachten, sondern auch zu hinterfragen. Nach den Demonstrationseinheiten teilten sich die Schüler/innen in ihre Gruppen auf und begannen mit dem Einrichten ihrer Arbeitsplätze. Zuerst erhielten sie genaue Beschreibungen wie ihre Arbeitsplätze einzurichten sind und danach bekam jede(r) Schüler/in ein Informationsblatt wie ein Experimentalvortrag vorzubereiten, zu gliedern und präsentieren sei. Im Anschluss gab es für jeden Schüler/in einen „Arbeits-Fragebogen“ mit folgendem Inhalt.

- a) Thema des Gruppenexperiments*
- b) Chemikalien- und Materialienliste*
- c) Freiraum für Skizzen*
- d) Mindestens 3 Spalten für Fragen*

Mindestens eine Frage zum Experiment sollte zuerst vom jeweiligen Inhaber des Blattes gestellt werden und dann von zwei weiteren Gruppenmitgliedern mit weiteren Fragen ergänzt werden. Damit sollte eine Hinterfragung des Experiments aus verschiedenen Gesichtspunkten gewährleistet und das Ergebnis richtiger Vermutungen oder Antworten wahrscheinlicher sein. Für die Ausarbeitung der Experimentalpräsentation standen den Schülern/innen das aktuelle Lehrbuch, weitere Schullehrbücher aus vergangenen Jahren, Naturwissenschaftslexika aus der Schulbibliothek, Abzüge aus den Fachzeitschriften „Chemie & Schule“ sowie „Plus Lucis“ und Adressen mit leicht verständlichen Themen aus dem Internet zur Verfügung. Anschließend hatten die Schüler/innen drei Unterrichtseinheiten zur Ausarbeitung der Vorträge zur Verfügung. Soweit es möglich war sollte jede Gruppe mit einer Powerpointpräsentation und einem Poster den Vortrag unterstützen. Aus diesem Grund sollte in jeder Gruppe ein computerkundiger Schüler/in (ECDL) sein. Zur Festigung des Lernstoffes musste ein Fragebogen, oder ein Lückentext

ausgearbeitet werden, dem auch noch eine Zusammenfassung des Themas beigelegt sein musste. Zum Abschluss der ganzen Arbeit wurde eine Pinwand installiert auf der die Schüler/innen Gelegenheit hatten, gesammelte Informationen zu ihren Themen, aus den Medien zu präsentieren. Das gesamte Projekt erstreckte sich über 12 Unterrichtseinheiten und hat besonders im Bereich Selbstständigkeit den Erwartungen entsprochen, was bei den Auswertungen der „Frage zur Frage“ sehr augenscheinlich wurde. Nicht immer erreichte man das Ziel im Bereich Teamarbeit, da für die meisten Schüler/innen dahingehend zu wenig Erfahrung vorlag und besonders die Zusammenarbeit in einer Gruppe von manchen noch als ungewohnt empfunden wurde. Typisch dafür waren jene Rückmeldungen in denen sich manche Schüler/innen darüber beschwerten, dass nur sie zu arbeiten hatten und andere Gruppenmitglieder sich mit Beobachtungen begnügten. Konträr sind hingegen aber wieder die Präsentationen ausgefallen, bei denen alle Schüler/innen sich sehr bemühten ein gutes Resultat zu erzielen was sich oft in recht aufwendig gestalteten Powerpointpräsentationen widerspiegelte. Beim Schulschlussfest am 29.Juni 2007 wurde das gesamte Projekt in Form einer Ausstellung, sowie mit zwei Powerpointpräsentationen und einer Schüler/innen Demonstration (drei besonders interessanten und markanten Themen) vorgestellt. Der Beifall des Publikums und die positiven Rückmeldungen bestätigten eine gelungene Projektdarstellung, die sich besonders auf die Ausführung und das Thema bezogen.

Schulstufe: 8. Schulstufe

Fächer: Chemie

Kontaktperson: Johann Halb

Kontaktadresse: HS I Pöllau, 8225 Pöllau, Ziegelofengasse 402

1 EINLEITUNG

Elektrochemie / Funktion und Bedeutung einer PEM-Brennstoffzelle in Verbindung mit einer Solarzelle: Mit dieser Thematik sollte den Schüler/innen die Bedeutung der Verwendung schadstoffarmer Energiewandler für eine intakte Umwelt klar vor Augen geführt werden. Dabei wurde großer Wert auf ein möglichst selbständiges Arbeiten und Präsentieren von Schüler/innen Arbeiten gelegt. Dieses Ziel wurde durch selbständiges Experimentieren und Hinterfragen der Ergebnisse versucht zu verwirklichen.

1.1 Festlegung des Themenbereichs

Das Thema wurde aus dem Bereich Elektrochemie gewählt und sollte in erster Linie das Umweltdenken in Bezug auf Luftverschmutzung durch Verbrennungen fossiler Brennstoffe (Verbrennungsmotoren) fördern. Besonders die CO₂ Emissionen spielten dabei eine wichtige Rolle und alternative Möglichkeiten mögen angedacht hinterfragt und überlegt werden. Das wichtigste didaktische Ziel dabei war das selbständige Arbeiten mit elektrochemischen Experimenten, sowie das eigenständige Präsentieren der in Kleingruppen erarbeiteten Themen.

1.1.1 Zielsetzung

Die Ziele der Arbeit waren die Selbständigkeit bei experimentellen Arbeiten im Bereich Elektrochemie unter besonderer Berücksichtigung der Eigenständigkeit von 13 bis 14-jährigen so weit wie möglich umzusetzen und auch den Gendergedanken dabei nicht außer Acht zu lassen. Das heißt die Experimentalarbeiten die auszuarbeiten und zu präsentieren waren, wurden von heterogenen, sowie homogenen (Mädchen mit Mädchen / Buben mit Buben) Gruppen durchgeführt. Die homogenen Gruppen stammten aus der 4.a Klasse und die heterogenen aus der 4.b Klasse. Mit dieser Aufteilung wollte ich versuchen ob ein Unterschied in der Ausarbeitung und Präsentation der Themen bezüglich unterschiedlicher Gruppen offensichtlich wird. An dieser Stelle möchte ich noch einmal kurz die Ziele des Projekts erwähnen:

I) Selbstständiges Ausarbeiten eines vorgegebenen Themas

- a) Gruppenbildung nach einer kurzen Vorstellung der Projektthemen
- b) Erkennen und verstehen der wichtigsten Eigenschaften von H₂ und O₂
- c) Teamarbeit beim Experimentaufbau und der Themenausarbeitung
- d) Das Experiment hinterfragen können
- e) Mit den Unterlagen und Hilfsmitteln (Lehrbücher, Internet, etc.) richtig umgehen können

II) Praktisches anwenden und präsentieren von Experimenten

- f) Die Experimentalpräsentation selbstständig vorbereiten und vorführen können

III) Selbstständige Festigung zum Thema

- g) Die Festigung des Lernstoffes richtig umsetzen (Fragebogen, Lückentext, Quiz, bzw. Zusammenfassung)

1.1.1.1 Allgemeine Aussage und didaktischer Hinweis zum Thema

Brennstoffzellen sind galvanische Zellen, bei denen die Edukte der zu Grunde liegenden Redoxreaktion an Anode und Kathode ständig von außen zugeführt werden. Ein bekanntes Beispiel ist die H_2/O_2 -Brennstoffzelle, in der an Pt-Elektroden H_2 oxidiert und O_2 reduziert wird, wobei Wasser entsteht. Anstelle von reinem Wasserstoff kann auch Luft verwendet werden. Das Prinzip der Brennstoffzelle wurde schon vor mehr als 100 Jahren von William Robert Grove (1811-1896) entdeckt.

Erst mit dem Beginn der Raumfahrt in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden sie technisch weiter entwickelt und zur Stromversorgung im All genutzt, bevor leistungsfähige Solarzellen diese Aufgabe übernahmen. Heute gibt es verschiedenste Typen von Brennstoffzellen, die Brennstoffe wie z.B. CO oder CH_4 verwenden. Sie werden im Fahrzeugbau für Spezialanwendungen und als Kleinkraftwerke im Megawattbereich, um Spitzenbedarf abzudecken, eingesetzt.

Brennstoffzellen sind von elementarer Bedeutung für die so genannte „Wasserstoffwirtschaft“. H_2 wird als sekundärer Energieträger eingesetzt, z.B. aus Wasser durch Elektrolyse gewonnen und in Brennstoffzellen wieder zu elektrischer Energie umgesetzt. Falls die für die Elektrolyse erforderliche elektrische Energie nicht aus fossilen Brennstoffen gewonnen wird, entsteht bei diesem Vorgang kein CO_2 . Experten rechnen damit, dass erst in ca. 70 Jahren ernsthaft mit der Wasserstoffwirtschaft begonnen wird, wenn die Erdöl- und Erdgasvorräte zu versiegen drohen.¹

Didaktischer Hinweis:

Wichtig ist die Aufklärung des für einen Laien irreführenden Begriffs „Brennstoffzelle“. Es muss den Schülern/innen klar werden, dass es sich um eine galvanische Zelle und nicht um einen Ofen handelt. Der Experimentierkasten von KOSMOS erklärt spielerisch und sehr anschaulich das Prinzip des Elektronenaustauschs mit Hilfe des Wasserstoffs in einer Brennstoffzelle in Kombination mit einem Photovoltaikelement.

Das Grundprinzip der Brennstoffzelle wurde mit Hilfe des Experimentierkastens jedoch nicht ausreichend veranschaulicht, so dass mit einführenden Experimenten auf das eigentliche Ziel hingearbeitet werden musste. Es wurden sechs Stationen mit folgenden Themen errichtet:

- 1) Erkläre die Begriffe H_2 bzw. O_2 mit Hilfe von Experimenten!
- 2) Wie ist die Reaktion H_2 mit O_2 zu erklären? Finde das richtige Experiment!
- 3) Graphitminen in einer Wasser- Aschenlösung reagieren wie ein Akkumulator! Warum?

¹ „Fachdidaktik Elektrochemie 7. Woche / Universität Wien“ (www.univie.ac.at/chemiedidaktik)

- 4) Zwei Koksstücke in einem Wasserbad, die durch eine Kunststoffolie getrennt sind, können elektrisch geladen und wieder entladen werden. Stimmt das?
- 5) Warum entsteht mit Hilfe von Sonnenstrahlen (Lichtstrahlen) in einer Solarzelle elektrische Energie?
- 6) Welche Aufgabe hat die Solarzelle beim Brennstoffzellenautomodell und wie funktioniert die Brennstoffzelle selbst?

2 DER PROJEKTVERLAUF

Die Einleitung zum Projekt erfolgte durch zwei Demonstrationsstunden zum Thema Wasserstoff und Sauerstoff. Danach wurden den Schülern/innen Unterlagen zu den Experimenten: Wasserstoff- Sauerstoffreaktionen, „Graphitminen-Akku“, „Koks-Wasser- Akku“, Solarzellenfunktion und das Solarzellen- Brennstoffzellenmodellauto ausgehändigt. Als nächstes bekamen die Schüler eine genaue Unterweisung zur Ausführung der Präsentationsarbeiten mit dem Thema „Wie mache ich einen guten Vortrag“. Anschließend wurden von den Schüler/innen die Experimentalarbeiten vorbereitet, aufgebaut und getestet. Nach der Testphase erstellten die Schüler/innen Protokolle, Powerpointpräsentationen und Festigungsarbeiten zu ihren Vorträgen. Die Präsentationsarbeiten wurden nach sechs Kriterien bewertet und benotet. Am Ende der ganzen Arbeit wurde den Schüler/innen, als eine Art Abschluss, eine Pinwand zur Verfügung gestellt, auf der sie themenbezogene Informationen und Beispiele aus dem Alltag (z.B. aus Medien) zur Schau stellen konnten. Am Ende wurde das gesamte Projekt beim Schulschlussfest 2007 präsentiert.

2.1 Demonstrationsstunden

Der Beginn der Projektarbeit wurde mit zwei Demonstrationsstunden zum Thema Wasserstoff und Sauerstoff gestartet. Bei diesen Demoarbeiten wurden die Eigenschaften der beiden Gase und ihr Nachweis dargestellt. Weiters wurden getrennte und gemeinsame Reaktionen erforscht, sowie Besonderheiten der Gase angeführt. Im Besonderen wurde auch auf eventuelle Gefahren hingewiesen, so dass jegliche unbeabsichtigte Fehlgriffe von Vornherein vermieden werden konnten.

2.1.1 Schülervorbereitungsarbeiten für Experimentalvortrag

Zuerst wurden den Schülern/innen die Experimentalgeräte und Chemikalien vorgestellt. Danach bekamen die Schüler/innen Ihre Unterlagen (Fragebögen, Fachliteratur) und Onlinehinweise für eine optimale Vorbereitung ihrer Präsentationsarbeiten. Da beabsichtigt war, die Schüler/innen- arbeiten auch zu bewerten, wurde den Schüler/innen auch ein Konzept vorgestellt, wie sie am besten vorzugehen hätten und welche Schwerpunkte zu beachten seien.

Diese Schwerpunkte waren:

- a) Selbständiges Auswählen der Informationsunterlagen
- b) Aufteilen der Ausarbeitungsbereiche
- c) Gemeinsames Aufbauen der Experimentalgeräte mit Aufbauhilfen
- d) Praktisches Erproben der Experimente
- e) Gemeinsames Erarbeiten einer Präsentationsunterlage
- f) Einen Festigungsteil zu überlegen und auszuarbeiten.

2.1.2 Durchführung der Vorbereitungsarbeiten

Die Schüler/innen konnten sich frei, mit Ausnahme bezüglich homogen bzw. heterogen, zu 3-er bzw. 4-er Gruppen zusammenfinden und ihren Gruppenarbeitsauftrag aus folgenden Themen wählen.

- 1) Erklärt die Begriffe Wasserstoff und Sauerstoff und zeigt ihre Eigenschaften mit Hilfe von experimentellen Beispielen.
- 2) Zeigt zwei Beispiele für chemische Reaktionen zwischen Wasserstoff und Sauerstoff.
- 3) Baut einen „Graphitminen-Akku“ und zeigt die Ladungs- und Entladungsvorgänge, sowie versucht die beiden Abläufe auch zu erklären. Zeigt die elektrische Entladung mit Hilfe eines Solarmotors.
- 4) Baut eine „Koks-Leitungswasser-Akku“ (Koks-brennstoffzelle) und versucht den Vorgang des Ladens und Entladens zu erklären. Erklärt den Entladevorgang unter Zuhilfenahme eines Solarmotors.
- 5) Versucht mit Hilfe mehrerer Beschreibungen den Aufbau einer Solarzelle zu erklären und zeigt mit Hilfe eines Solarmotors die Funktion der Energieumwandlung von Licht in elektrische Energie.
- 6) Baut das Solar- Brennstoffzellenautomodell nach der vorgegebenen Beschreibung zusammen und versucht folgende Vorgänge zu erklären. Wie setze ich den eingebauten Elektromotor mit Hilfe von Sonnenlicht und der Solarzelle in Bewegung? Wie betreibe ich eine Brennstoffzelle mit Hilfe einer Solarzelle? Was läuft in einer Brennstoffzelle beim „Ladevorgang“ ab? Was entsteht bei diesem Vorgang? Wie reagiert die Brennstoffzelle beim „Entladevorgang“? Welcher Ablauf ist zu verfolgen, wenn die beiden Gase Wasserstoff und Sauerstoff auf die Brennstoffzelle stoßen? Welche Vorteile hat eine Brennstoffzelle gegenüber einer Solarzelle?

Nach der Aufteilung in Gruppen richteten sich die Schüler/innen ihre Arbeitsplätze ein und bauten die Experimentalunterlagen selbst auf. Weiters holten sie sich auch ihre Arbeitsunterlagen aus einer vorgegebenen Auswahl von Unterlagen und organisierten sich in der Gruppe.

Nach der Durchführung sämtlicher Vorbereitungsarbeiten und erster praktischer Experimentalübungen bekamen die Schüler/innen den Auftrag, ihre Experimente zu hinterfragen und mit weiteren Fragen eine Lösung zu ihren Ergebnissen zu finden. Bei dieser Arbeit „Frage zur Frage“, wurde wie folgt vorgegangen. Jeder Schüler/in in der Gruppe hatte einen Arbeits- Fragebogen auf dem eine Experimentskizze anzufertigen war und dann musste zu dem Experiment mindestens eine Frage gestellt werden. Anschließend musste der Arbeits- Fragebogen in der Gruppe weitergegeben werden und die nächste Schülerin/ Schüler sollte eine weitere Frage finden usw. Mindestens drei Fragen sollten auf jedem Konzeptblatt stehen mit denen das Experiment dann eventuell auch einer Erklärung zugeführt werden konnte. Die „Frage zur Frage“ konnte individuell an verschiedene Schüler/innen in der Gruppe weitergegeben werden.

2.1.2 Ablauf der Gruppenarbeiten

Um die Geräte und den Aufbau der Experimente zu veranschaulichen, möchte ich die folgenden Themen mit Bildern belegen.

ad 1. Thema:

Die Schüler/innen hatten zwei Experimentalgeräte zur Verfügung:

- a) Eine Spritzenkombination zur Herstellung von Wasserstoff mit Hilfe von Salzsäure (HCl) auf Zinkgranulat.
- b) Eine Spritzenkombination zur Herstellung von Sauerstoff mit Hilfe von Wasserstoffperoxid (H_2O_2) auf Braunsteintabletten.



ad Thema 2

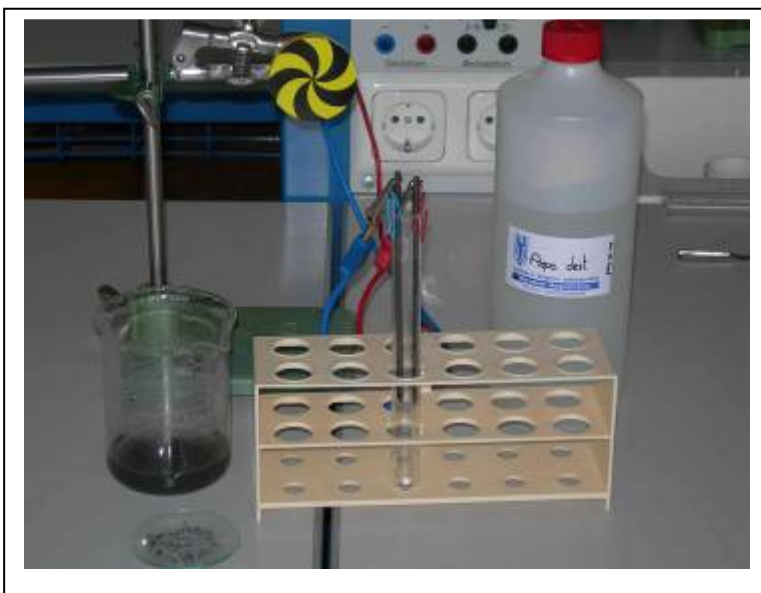
Die Schüler/innen sollten mit dem im folgenden Bild abgebildeten Experimentalaufbau die Knallgasreaktion durchführen und erklären.



Mit Hilfe von Elektrolyse musste das Wasser, das mit Waschsoda versetzt war, in seine Bestandteile zerlegt und diese durch einen Schlauch in die abgeschnittene Spritze von unten eingeführt werden. In der abgeschnittenen Spritze befand sich Pril Geschirrspülmittel mit Wasser verdünnt, das mit Knallgas ($2\text{H}_2 + \text{O}_2$) gefüllt wurde und schöne Gasblasen erzeugte. Diese Gasblasen wurden dann mit einem Holzspan entzündet.

ad Thema 3

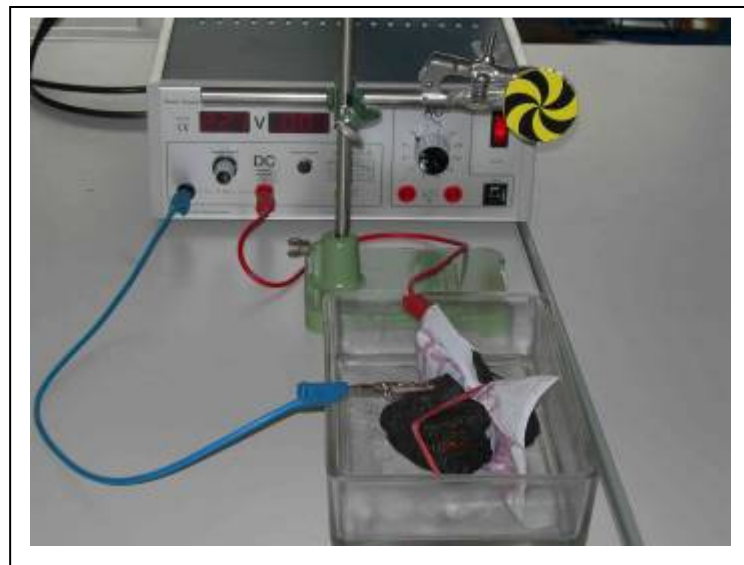
In eine mit Wasser und Zigarettenasche gefüllte Provette wurden zwei Graphitminen gestellt und mit Gleichstrom geladen. Bei diesem Ladevorgang konnte sehr schön beobachtet werden, wie sich der Wasserstoff bzw. der Sauerstoff in Form von Gasbläschen an den beiden Elektroden entwickelte.



Nach dem „Ladevorgang“ wurden die beiden Graphitminen an einen Solarmotor gehängt, wodurch sehr gut zu sehen war, dass der Entladestrom den Motor antrieb.

ad Thema 4

Bei diesem Experiment sollte der Übergang von einem „Graphitakkumulator“ zu einer „Koks Brennstoffzelle“ gelingen. Es wurden zwei Koksstücke in reines Wasser gelegt und mit Gleichstrom geladen. Beide Kokshälften waren durch eine Kunststoffolie getrennt und so wurde der Ladevorgang gestartet. Auch bei diesem Versuch war wieder sehr gut zu sehen, dass sich an den „Elektroden“ Gasbläschen bildeten, der Nachweis für Wasserstoff und Sauerstoff.



Der Entladevorgang sollte zeigen, dass ähnlich wie beim vorangegangenen Experiment durch Bindung der beiden Gase Wasserstoff und Sauerstoff elektrische Energie frei wird und der Solarmotor

sich dreht. Ein markanter Unterschied zum vorangegangenen Experiment war allerdings die Kunststoffolie zwischen den beiden Koksstücken und dafür musste eine Erklärung gefunden werden. Wie konnte sich der Wasserstoff mit dem Sauerstoff durch die Folie hindurch verbinden?

ad Thema 5

Hier ging es rein um die Funktion einer Solarzelle, die in ihrem Aufbau erklärt werden musste. Dabei wurde ein Solarzellenmodell an einen Solarmotor gehängt und in verschiedenen Winkeln mit Licht bestrahlt. Anschließend wurde die Zelle auch noch mit einem Blatt Papier verschiedenflächig abgedeckt um zu sehen, dass der elektrische Stromfluss von der Lichtstärke bzw. bestrahlter Fläche abhängt. Da dieser Experimentaufbau recht eindeutig ist möchte ich auf eine bildliche Darstellung verzichten.

ad Thema 6

Dieses Experiment hatte zum Ziel: „ **Aufbau und Funktion einer Brennstoffzelle in Verbindung mit einer Solarzelle**“ zu hinterfragen und erklären zu können. Für diesen Experimentalversuch wurde der KOSMOSBAUKASTEN – BRENNSTOFFZELLENAUTOMODELL verwendet.



Mit Hilfe dieses Baukastens mussten von den Schülern/innen die Einzelteile einer Brennstoffzelle erkannt und zusammengebaut werden können. Im weiteren musste dann auch die Funktionalität hergestellt werden, damit eine dementsprechende Experimentalarbeit möglich war.

Mit Hilfe dieses Modells sollte gezeigt werden, wie durch

Lichtenergie und einer SOLAR- und BRENNSTOFFZELLE die Elektrolyse von reinem Wasser durchgeführt werden kann und die Gase Wasserstoff und Sauerstoff in Tanks abgefüllt werden können.

Weiters sollte dann durch die Bindung der beiden Gase mit Hilfe der BRENNSTOFFZELLE gezeigt werden, dass wieder elektrische Energie frei wird und das Automodell fährt. Dieses Experiment bedurfte genauer und sehr überlegter Arbeit und wurde vor allem den leistungsfähigeren Schülern/innen angeraten.

2.1.4 Präsentationen der Gruppenarbeiten in der Klasse

Nach Abschluss der Vorbereitungsarbeiten wurden die ausgearbeiteten Experimentalbeispiele in Form von Referaten bzw. Experimentalvorträgen den restlichen Schülern/innen vorgeführt. Vorgeführt deshalb, weil ein weiterer Auftrag lautete, dass die Gruppen, in denen sich jeweils ein Schüler/in mit "ECDL-kenntnissen" zu befinden hatte, die die zusätzliche Aufgabe bekamen den Vortrag mit einer Powerpointpräsentation zu begleiten.

Nach der Vorführung und Erklärung der Experimente hatten die restlichen Schüler/innen der Klasse Gelegenheit, Rückfragen zu stellen. Bei diesen Rückfragen konnten eventuelle Missverständnisse oder Unklarheiten bezüglich der Erklärungen und Abläufe geklärt bzw. diskutiert werden. Danach wurde von jeder Gruppe eine individuell erstellte Überprüfungs- bzw. Wiederholungsarbeit durchgeführt. Die Überprüfungs- Wiederholungsarbeiten bestanden aus einfachen Fragebögen, multiple choice Fragen, Lückentexten, einem Quiz mit multiple choice Fragen – ähnlich einer "Millionenshow". Zuletzt musste von jeder Gruppe noch eine Zusammenfassung bzw. Festigung an die restlichen Schüler/innen weitergegeben werden, wobei auch hier der Fantasie freier Lauf gewährt wurde.

2.1.5 Beurteilung der Experimentalpräsentationen

Die Experimentalpräsentationen wurden auch einer Beurteilung unterzogen, deren Kriterien den Schülern/innen bei der Einführung zu ihren Arbeiten auch erklärt wurden. So wurden folgende Punkte bewertet:

a) **Motivation bzw. Einstieg zum Thema,**

Vorschläge dazu waren: ein aktuelles Thema aus den Medien, ein interessantes Thema aus einer Tageszeitung, eine provokante Frage, oder ähnliches.

b) **Vortrag:** Dieser musste nicht auswendig vorgetragen werden, aber alle Ausdrücke und Wörter mussten bei Rückfragen beantwortet werden können.

c) **Präsentation:** Powerpoint und eventuelle Bildplakate waren erwünscht.

d) **Vorführung des Experiments** und deren Verständlichkeit waren oberste Priorität

e) **Wiederholung:** Ausführung und Idee zu Fragebögen, Lückentexten etc.

f) **Festigung:** Art, Idee und Übersichtlichkeit waren Kriterien

Diese sechs Kriterien wurden nach dem allgemeingültigen Notensystem (1-5) beurteilt und danach wurde davon der Durchschnittswert errechnet. Daraus resultierte die eigentliche Gesamtnote für den Vortrag.

2.1.6 Ergebnisse

Der ausschlaggebende Grund für diese Arbeit war das Argument, unsere Umwelt, und da wiederum die Luft unserer Atmosphäre, wird immer stärker in Mitleidenschaft gezogen, wobei der tägliche Gebrauch unserer fahrbaren Untersätze scheinbar nicht unbedeutend ist. Besonders das Treibhausgas CO₂ spielt hierbei eine große Rolle

Ist dieser Versuch gefährlich?

Wie sieht das Ergebnis aus?

Was ist eine Brennstoffzelle?

Was geschieht zwischen dem Laden und Entladen?

Wie funktioniert das Laden? Wie funktioniert das Entladen? Was ist Elektrolyse?

Mit wie viel Volt oder wie viel sollte die Spannungsquelle haben?

Wieso dreht sich der Solarmotor?

Interessante Fragen gab es auch zum Thema „Graphitakkumulator in der Eprovette“. So lauteten drei Fragen wie folgt:

Was hat den Motor in Bewegung gesetzt?

Warum bilden sich Bläschen an den Minen?

Wodurch wird in der Brennstoffzelle Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser?

Einen weiteren recht aufschlussreichen Fragenkomplex lieferte die Gruppe mit dem Thema Solarzelle, aus der 4.a Klasse:

Aus was besteht eine Solarzelle? Was ist ein Halbleiter? Was ist eine Solarzelle? Für was braucht man die Solarzelle? Wie funktioniert die Solarzelle? Aus was besteht eine Solarzelle? Was sind Solarmodule? Was wird zur Herstellung von Halbleitern benötigt? Wie viel Volt liefert eine Solarzelle?

Michael Körmel / Gordon Christoph / Richard Schweighofer / Hanno Stefan
4.02.2019

Vorname: NAME: KLASSE:

Thema: Brennstoffzellenauto

Fragestellung:

1. Wie wird das Brennstoffzellenauto mit gasförmigen Wasserstoff betrieben?
2. Welche Aufgabe hat die Brennstoffzelle?
3. Wie wird die Brennstoffzelle mit Strom versorgt?
4. Wie wird die Brennstoffzelle mit Wasserstoff versorgt?
5. Wie wird die Brennstoffzelle mit Sauerstoff versorgt?
6. Wie wird die Brennstoffzelle mit Wasser versorgt?

Skizze:

Geräte & Material:

1. Frage:	Was ist das Brennstoffzellenauto?
2. Frage:	Wie wird das Brennstoffzellenauto mit Strom versorgt?
3. Frage:	Wie wird das Brennstoffzellenauto mit Wasserstoff versorgt?

Seite 1

Eine Wahre Meisterleistung lieferten die Schüler/innen der Themengruppe „Brennstoffzellen – Solarzellen – Automodell“. Es waren zwar nicht die Fragen, die restlos überzeugten, aber die Ausarbeitung des Themas entsprach voll und ganz dem Hauptthema dieses Projekts. Allein die Skizze auf dem Arbeitsblatt war recht gut gelungen und drei der wichtigsten Fragen lauteten:

Wie wird Gas in den Tanks erzeugt?
Was passiert, wenn Strom dazugeführt wird?

Warum fährt das Auto?

Mit diesen Fragen möchte ich den Rückblick auf die Ausarbeitungsergebnisse schließen und ein kurzes Resümee der Arbeiten ziehen.

Wie anhand der Beispiele zu erkennen war, haben die Schüler/innen durchwegs durchdachte Fragen gestellt und versucht ihre Arbeiten auch zu hinterfragen. Natürlich haben nicht alle Gruppen gleich gute Ergebnisse erzielt, was dann meist auch im Vortrag zum Ausdruck kam. Der wichtigste Aspekt aber war, dass zu allen Themen Rückfragen zu den Präsentationen gestellt werden konnten und dadurch eine indirekte Selbstüberprüfung durch die Schüler/innen gegeben war. Die Vortragsunterschiede schlugen sich dann meist auch in den Beurteilungstabellen nieder. Frei nach dem Motto: Wer gut recherchierte und sich bemühte die Arbeitsaufträge nicht nur auszuführen sondern auch zu überdenken und hinterfragen, konnte eine sehr gute Leistung im Experimentalvortrag bringen.

2.1.7 Bewertungen der Gruppenarbeiten

Zuerst möchte ich die Aufteilung der beiden Klassen noch einmal verdeutlichen und eine genaue Beschreibung derer geben.

Beide Klassen haben 1,5 Chemiestunden pro Woche, die so aufgeteilt sind, dass in einer Woche die 4.a Klasse zwei Stunden Chemie hat und die 4.b Klasse eine. In der darauf folgenden Woche wird die Stundenzahl umgedreht. Auf Grund dieser Stundenordnung könnte man glauben, dass in einer Woche für die eine Klasse eine Doppelstunde möglich wäre und in der darauf folgenden Woche für die andere. Dies wäre natürlich eine vorteilhafte Situation besonders im Hinblick auf die Ausarbeitungsstunden gewesen, war aber leider nicht möglich. Dieser Umstand erklärt auch den relativ langen Projektablauf von etwas mehr als zwei Monaten.

Die 4.a Klasse hat mit 9 Schülerinnen und 15 Schülern eine Gesamtzahl von 24 Schülerinnen und Schülern, wobei ein Schüler einen sonderpädagogischen Förderbedarf hat. Dieser Schüler wurde während des ganzen Projekts von seinen Gruppenmitgliedern betreut und immer mit für ihn durchführbaren Arbeiten betraut. Die Schüler/innen kommen aus nahezu gleichen sozialen Schichten, die eher dem mittleren Bereich zuzuordnen sind.

Die 4.b Klasse hat mit 12 Schülerinnen und 14 Schülern eine Gesamtzahl von 26 Schülerinnen und Schülern, die ebenfalls aus eher gleichen sozialen Schichten kommen, ähnlich der Parallelklasse.

In beiden Klassen ist eine leichte Überzahl an Buben zu verzeichnen, was sich aber nicht wirklich gravierend auf die Arbeiten auswirkte. Im Allgemeinen gibt es in beiden Klassen ein gut funktionierendes soziales Gefüge und es ist kein auffälliges „Außenseitertum“ zu verzeichnen.

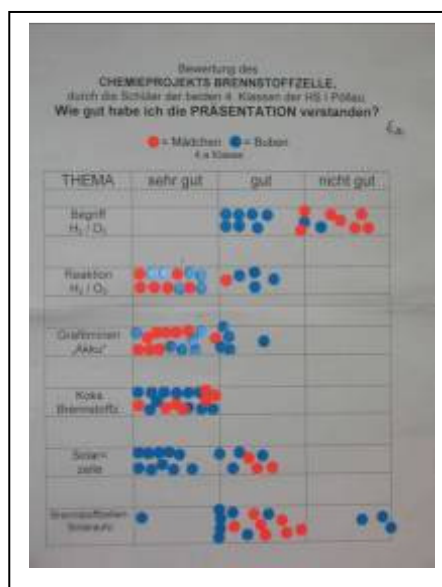
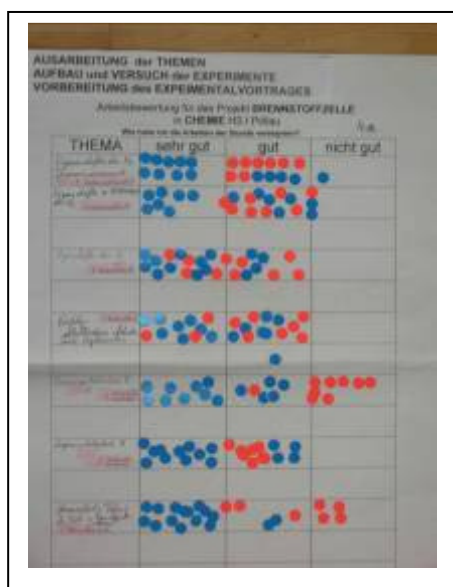
In der 4.a Klasse wurden die Arbeitsgruppen homogen (Buben mit Buben / Mädchen mit Mädchen) zusammengestellt und in der 4.b Klasse heterogen. Die Schüler/innen hatten bis auf den homogen bzw. heterogen Auftrag völlig freie Wahl bezüglich der Zusammenarbeit, was teils Vorteile mit sich brachte, aber in einigen Fällen auch Benachteiligungen einzelner Schüler/innen nach sich zog. Dies konnte man deutlich in der Befragung bezüglich der Arbeitshaltungen in den Gruppen erkennen. Die Befragung hatte zum Ziel, das Fachwissen nach zwei Monaten zu überprüfen, sowie die Arbeitshaltung bei Themenausarbeitungen zu erkunden.

Zum Zeitpunkt der Projektdurchführung waren nicht immer alle Schüler/innen vollzählig anwesend, da meist durch Krankheitsfälle einige Absenzen zu verzeichnen waren. Das erklärt im Anschluss auch die ungleiche Anzahl von Wertungspunkten in den beiden Tabellen (Arbeitswertungstabelle und Präsentationswertungstabelle).

.Am Ende jeder Unterrichtseinheit hatten die Schüler/innen die Möglichkeit, ihre Erfahrungen und das Verständnis zu ihren Ergebnissen in einer Wertungstabelle zum Ausdruck zu bringen. Die Wertung wurde durch unterscheidbare Farbpunkte geschlechtsspezifisch in der jeweiligen Tabelle zum Ausdruck gebracht. Ebenfalls konnte die Verständlichkeit der einzelnen Präsentationsarbeiten durch das Farbpunktesystem bewertet werden. Dadurch waren unterschiedliche Zugänge von Schülerinnen und Schülern erfahrbar.

Was und wie wurde bewertet? Es wurden für beide Klassen jeweils zwei „Wertungstabellen“ erstellt. Im Zeitraum von Mitte November bis zum Beginn der Weihnachtsferien wurde die „Arbeitsbewertungstabelle“ ausgehängt. In dieser Tabelle konnten die Schüler/innen über die zwei Demonstrationstunden und ihre eigenen Ausarbeitungsstunden, jeweils am Ende einer Unterrichtseinheit ihren Vermerk anbringen. Sie bewerteten einerseits, wie gut sie die Vorträge der Demonstrationstunden verstanden und andererseits, wie verständlich für sie die Arbeitsaufträge in den Gruppenarbeiten auszuführen waren. Die zweite Bewertung wurde mit Hilfe der „Präsentationswertungstabelle“ durchgeführt in der die Experimentalvorträge der einzelnen Arbeitsgruppen bewertet wurden. Diese Tabelle war von Beginn des Schuljahres nach den Weihnachtsferien bis Mitte Februar ausgehängt und konnte in insgesamt vier Unterrichtsstunden auch jeweils am Ende der Unterrichtseinheiten mit den Klebeetiketten versehen werden.

Mit den folgenden zwei Bildern möchte ich zum besseren Verständnis der Wertungstabellen beitragen.



Die Auswertungen der Tabellen ergaben folgendes Ergebnis:

Arbeitsbewertungstabelle 4.a Klasse (**9 Schülerinnen** / 15 Schüler)

Schülerinnen = fett gedruckt

Schüler = einfach gedruckt

Thema	Sehr gut	Gut	Nicht gut
Eigenschaften H ₂	9	8 4	1
Vorkommen H ₂	7	8 7	0
Eigenschaften O ₂	5 10	5 4	0
Einführung selbständiges Arbeiten	3 8	7 6	0
Experimentalarbeit 1 2UE	9	1 6	8
Experimentalarbeit 2 2UE	11	8 4	0
Vorbereitung Experimentalvortrag	14	3 2	4

Präsentationswertungstabelle 4.a Klasse

Begriff H ₂ / O ₂	0	2 7	5 2
Reaktion H ₂ mit O ₂	6 6	1 4	0
Graphitminen - Akku	8 6	1 5	0
Koks – Wasser - Brennstoffzelle	7 11	0	0
Solarzelle	11	3 3	0
Modellauto Solar- Brennstoffz.	5	7 3	3

Arbeitsbewertungstabelle 4.b Klasse (**12 Schülerinnen** / 14 Schüler)

Schülerinnen = fett gedruckt

Schüler = einfach gedruckt

Thema	Sehr gut	Gut	Nicht gut
Eigenschaften H ₂	7 8	5 5	0
Vorkommen H ₂	3 2	9 12	0
Eigenschaften O ₂	1	8 5	3 5
Einführung selbständiges Arbeiten	2 3	9 4	7
Experimentalarbeit 1 2UE	7 2	4 3	1 8
Experimentalarbeit 2 2UE	4 1	5 7	1 5
Vorbereitung Experimentalvortrag	2 4	4 7	4 2

Präsentationswertungstabelle 4.a Klasse

Begriff H ₂ / O ₂	1 5	8 5	1 1
Reaktion H ₂ mit O ₂	6 7	3 5	0
Graphitminen - Akku	2 4	6 5	2 4
Koks – Wasser - Brennstoffzelle	0	7 2	1 7
Solarzelle	2 3	7 5	4 7
Modellauto Solar- Brennstoffz.	4	5 6	4 2

ERGEBNIS DER ARBEITSBEWERTUNG DURCH SCHÜLER/INNEN:

Unterschiede sind bei den Bewertungen der selbständigen Arbeiten zu erkennen, wo die Schüler/innen der 4.a Klasse einen starken Trend zu „Sehr gut“ bis „Gut“ erkennen lassen und nur ein Schüler die Bewertung „Nicht gut“ vergab. Die Schülerinnen waren in zwei Punkten mit der Arbeit nicht so zufrieden und vergaben einmal acht und einmal vier „Nicht gut“ Bewertungen.

Im Gegensatz dazu bewerteten die Schüler/innen der 4.b Klasse die „Sehr gut“ und „Gut“ Feststellungen zwar noch ausgeglichen, jedoch bei den „Nicht gut“ Bewertungen vergaben sie zu fünf Themen eine eindeutig höhere Punktezahl. So werteten drei, eine, eine und vier Schülerinnen mit „Nicht gut“ bezüglich der Ausarbeitungen und fünf, sieben, acht, fünf und zwei Schüler ebenfalls mit „Nicht gut“. An hand dieses Ergebnisses lässt sich eine etwas stärkere Tendenz zur Unzufriedenheit bei den Schülern feststellen und das Ergebnis auf die Klasse bezogen zeigt auch einen stärkeren Trend zur Unzufriedenheit in Bezug auf selbstständige Arbeitsdurchführung

ERGEBNIS DER PRÄSENTATIONSBEWERTUNG DURCH SCHÜLER/INNEN:

Betrachten wir nun die Bewertungen bezüglich der Präsentationen, das heißt die Schüler/innen vergaben Wertungspunkte für die vorgetragenen Experimentalvorträge, so sieht man auch hier einen ähnlichen Verlauf, nämlich, dass die Schüler/innen der 4.a Klasse einen stärkeren Hang zu besseren Bewertungen hatten. Sehen wir die „Sehr gut“ und „Gut“ Einträge als eher ausgeglichen an, so ist bei der „Nicht gut“ Bewertung die 4.b Klasse eindeutig wieder stärker vertreten.

Was könnte man nun aus diesen Ergebnissen ableiten?

Da bei der Gesamtbewertung aller Arbeiten durch die Lehrperson keine wirklichen Unterschiede zu erkennen waren, könnte gefolgert werden, dass heterogene Arbeitsgruppen womöglich in der Betrachtung von Arbeitsausführungen etwas kritischer sind als homogene. Diese Annahme könnte auch auf die Präsentationen angewandt werden.

ERGEBNIS DER LEHRERBEURTEILUNGEN:

Die Beurteilungen aller Arbeiten durch die Lehrperson haben ein recht einheitliches Ergebnis gezeigt, das heißt, es waren alle Arbeiten im Bereich „Sehr gut“ bis „Befriedigend“ zu finden. Dies lässt sich am besten dadurch erklären, dass die Bewertungskriterien; Motivation, Vortrag, Präsentation, Vorführung der Experimente, Wiederholung und Festigung einen wesentlichen Beitrag zu einer ausgeglichenen Beurteilung durch die Lehrperson ermöglichten. Anhand dieses Ergebnisses, sowie bezüglich der Bewertungen durch die Schüler/innen, können folgende Aussagen gemacht werden:

In Bezug auf die Bemühungen der Ausarbeitungen der Themen, ist kein eindeutiger Unterschied bezüglich Schülerinnen- oder Schülerarbeiten zu erkennen, was in den Bewertungen durch die Lehrperson zum Ausdruck kam. Sowohl in der 4.a Klasse, wo homogene Arbeitsgruppen am Werk waren, als auch in der 4.b Klasse in der heterogene Gruppen arbeiteten, war kein eindeutiger Trend auf bessere oder

schlechtere Arbeitsergebnisse der Gruppen zu erkennen was die geschlechtsspezifischen Unterschiede betraf. Folglich kann man davon ausgehen, dass typische Vorurteile, Mädchen sind schlechter als Buben im naturwissenschaftlichen Unterricht, sich bei dieser Arbeit nicht bestätigt haben.

2.2 Befragung der Schüler/innen

Da im Allgemeinen die vorangegangenen Untersuchungen noch kein sehr befriedigendes Ergebnis auf die Durchführung von selbständigen Arbeiten und deren Verständnis ergab, versuchte ich mit zwei Fragebögen noch nachträglich eine deutlichere Aussage zu treffen.

Zwei Monate nach der Fertigstellung des Projektes wurden den Schüler/innen zwei Fragebögen ausgeteilt, in denen sie die Möglichkeit hatten, ihre persönlichen Erfahrungen und die Mitteilung über ihren Wissensstand bezüglich der Projektthemen wiederzugeben. Im Vorhinein möchte ich gleich noch festhalten, dass die Schüler/innen weder auf die Befragung vorbereitet wurden, noch informiert waren. So konnten sie nur ihre prompten Überlegungen und den tatsächlichen Wissensstand nach zwei Monaten einbringen. Dies soll im Weiteren auch den Verständlichkeitsgrad und die Intensität des Merkvermögens der Schüler/innen in Bezug auf den Arbeitsablauf und die Zielsetzung wiedergeben. Um eine bessere Übersicht zu gewähren, möchte ich die Fragebögen beider Klassen nebeneinander auflisten. Die Fragen und Antworten des Fragebogen 1 lauteten wie folgt und sind so angeordnet, dass die Antworten der 4.a Klasse immer links und die der 4.b Klasse immer rechts stehen.

Der Wortlaut der Antworten, der mit einzelnen Wörtern, in Phrasen, oder kurzen Sätzen ausgedrückt werden durfte, wurde nur im Falle einer Missverständnisses auf eine Verständlichkeit korrigiert, ansonsten aber nicht verändert, damit die Authentizität der Aussagen gewahrt blieb. Wiederholte Antworten wurden nur einmal wiedergegeben bzw. mit der Anzahl der Antworten belegt.

FRAGEBOGEN 1

Was hat mir am selbständigen Ausarbeiten meines/unseres Themas gefallen?

das selbständige Arbeiten; viele Versuche und Experimente machen dürfen; die Experimente selbst machen; das Arbeiten in Gruppen; ich arbeitete gerne in der Gruppe; neue Dinge kennen lernen; selbst viel beitragen können; lustiges Arbeiten; wie schnell man was herausfinden kann; Ideen die jeder in unserer Gruppe hatte; Internet surfen und dabei auch was finden; Das Thema war gut. ...,dass ich fast nichts machen musste	Das Projekt war interessant. tolle Versuche; Teamarbeit; die Arbeit in der Gruppe; mit dem Computer arbeiten dürfen; selbst einen Versuch machen können; öfter das Thema erfahren können; Experimente allein im Team machen; Experimente zu erforschen; Anderen bei der „Vorstellung“ zuschauen; Experimente haben Spaß gemacht; selber herausfinden wie es funktioniert; der erste Erfolg im Experiment; tolle Gruppenarbeit
---	---

Wie aus den Antworten ersichtlich ist, hat das selbstständige Arbeiten sichtlich Spaß gemacht und somit die Schüler/innen richtig motiviert.

Was hat mir bei dieser Art zu arbeiten nicht gefallen?

das Schreiben bzw. „dass geschrieben wurde; das lange Arbeiten; dauernder Stress; zu wenig Zeit; manchmal zuviel Selbständigkeit; ...„dass nur zwei in der Gruppe wirklich arbeiteten; viel zum Ausarbeiten; ein gutes Referat gemacht, aber eine schlechte Note bekommen	...„dass nicht alle mithalfen; die Zeit war manchmal zu kurz; ...„dass einige in unserer Gruppe nicht ernst genug bei der Sache waren; „dass manche „geblödet“ haben; das lange Aufladen und dann der Motor erst nicht richtig lief; dass ich fast alles allein machen musste; zu wenig Zeit und komplizierte Beschreibungen; Am Anfang habe ich mich nicht ausgekannt; aber dann ging es. Manchmal war mir langweilig. ...„dass der Lehrer nicht immer half; das „Hinterfragen“; viele wollten alles alleine machen; das eigene Projekt vorstellen
---	---

Aus diesen Antworten sind drei Schwerpunkte ersichtlich. 1. Dass Schreibarbeiten nicht unbedingt zu den Lieblingsbeschäftigungen der Schüler/innen zählen. 2. Dass der Zeitrahmen nicht immer ausreichte, obwohl genügend Unterrichtseinheiten (insgesamt 3) eingeplant waren. Wahrscheinlich spielte hier die Unerfahrenheit bezüglich Gruppen-/ Teamarbeit eine Rolle, wobei aber auch erkannt werden musste, dass die allgemeine Stundenkürzung durch die Kontingentierung von Unterrichtseinheiten ein Grund dafür sein könnte. 3. Dass längeres Überlegen und probieren auch zum Ziel führen kann.

Widersprüchliche Aussagen (...zu wenig Zeit - ...Manchmal war mir langweilig) sind eher der Unerfahrenheit in Punkto Teamarbeit zuzurechnen.

Möchte ich so eine Arbeit noch einmal machen?

Diese Frage wurde zwölf Mal mit „Ja“ beantwortet und zwei Mal mit „Nein“. Weitere Aussagen waren: Ja, da sehr interessant wäre lustig, wenn noch einmal Ja sehr gerne Ja unbedingt Ja weil selbst das Arbeiten war sehr lustig. Ja weil's cool war. Kommt aufs Thema an	In der 4.b Klasse wurde diese Frage dreizehn Mal mit „Ja“ beantwortet und acht Mal mit „Nein“. Ein paar weitere Aussagen waren: Kommt aufs Thema an Ja vielleicht Eventuell schon Ja schon
---	---

Bei diesen Antworten sieht man klar, dass eine eindeutig positive Einstellung gegenüber offenen und selbständigen Arbeiten vorliegt.

Wenn „Ja“, was würdest du gleich machen wollen?

das Auto; die Experimente; die Ausarbeitung in der Gruppe; das Thema mit der Solarzelle; die Ausarbeitungen; das Probieren der Versuche; die Artikel in den Büchern suchen; Bücher studieren; im Internet arbeiten; das viele selbständige Arbeiten; die lustigen Experimente; das Recherchieren am Computer; in der gleichen Gruppe bleiben; vieles aus Büchern und dem Computer finden	die Versuche in der Gruppe; die Experimente vorbereiten; die Experimente vorführen; selbst arbeiten können; das Thema; die tollen Unterlagen und Experimentalvorbereitungen; ein Thema intensiv ausarbeiten; die Powerpoint Präsentation vortragen
--	--

In diesem Antwortenkomplex wird deutlich welche Arbeitsbereiche und Tätigkeiten besonders gefielen und wahrscheinlich auch wiederum zu viel Motivation beitrugen. Deutlich erkennbar ist auch, dass nicht nur eine spezifische Arbeitsrichtung als positiv angesehen wird, sondern eher in der Vielfalt an Angeboten und Möglichkeiten der Arbeitsdurchführungen ein positiver Aspekt liegt.

Wenn „Ja“, was würdest du anders machen?

Fünf Schüler antworteten mit „nichts.“ mehr Zeit zur Verfügung stellen; noch mehr Versuche anbieten; mehr Themen zur Auswahl stellen; weniger selbstständiges Arbeiten verlangen; noch mehr am Computer arbeiten; denn jetzt kenn ich schon die besten Websites; noch mehr Gruppenarbeit „geben“; noch mehr und länger mit dem Thema auseinandersetzen; schwierigere Fragen stellen; mehr auswendig lernen lassen	Ich würde mich noch besser vorbereiten auf den Vortrag. Ich würde mehr mithelfen. Vier Schüler schlugen mehr Zeit für die Arbeiten vor. Der Lehrer soll mehr Hilfen anbieten. andere „Leute“ im Team; mehr Zeit für Versuche lassen; ein lustigeres Thema wählen; noch mehr Zeit geben, es war zu kurz
--	--

Bis auf eine widersprüchliche Aussage (...weniger selbstständiges Arbeiten verlangen) waren sich so ziemlich alle Schüler/innen einig, dass die Zeit nicht gereicht hat. Auch hier könnte man das Kontingentsystem bezüglich Unterrichtseinheiten - Kürzung als eventuellen Verursacher ansehen, wobei natürlich die Unerfahrenheit bezüglich offener und selbstständiger Arbeiten nicht ganz außer acht zu lassen ist.

Wenn „nein“, warum nicht?

...weil die anderen zu wenig geholfen haben; zu lange Arbeiten; zu viele Versuche (Proben der Versuche) bis es klappte; weil es mich nicht interessiert	... weil die anderen nicht halfen; wegen der Referate; weil mir das Thema nicht gefallen hat; weil man das meiste alleine machen musste; weil wir zu wenig Zeit
---	---

hat; Es wurde zu viel geschrieben.	hatten; ich mich nicht mit den anderen streiten will; weil es langweilig war
------------------------------------	--

Die Antworten zu dieser Frage sind eher spärlich ausgefallen, haben aber ihre volle Berechtigung. Eindeutig kann aber festgestellt werden, dass negative Äußerungen sich doch deutlich im Hintergrund halten und eine recht positive Grundhaltung bezüglich des gesamten Projektes ersichtlich ist.

Wenn „nein“, was würdest du anders machen?

einfachere Versuche	...dass die anderen mehr mithelfen keinen „Abschlussvortrag“ verlangen mehr Spannung; mehr Zeit für das ganze Projekt; dass alle mithelfen das Projekt super zu gestalten; nicht alles (so viel) in der Freizeit machen; ein anderes Thema
---------------------	--

In diesem Antwortenabschnitt erkennt man wieder drei sehr deutliche Aussagenschwerpunkte. 1. Überlegungen zu weiteren oder anderen Themen bzw. Arbeitsaufträgen kommen nicht vor. 2. Das Zeitproblem wird zum wiederholten Male sehr negativ gesehen. 3. Teamarbeit und Vortrag eines Themas bereiten einigen Schüler/innen ein wirkliches Problem.

Bezog sich der erste Fragebogen in erster Linie auf die Durchführung der Arbeiten und die Beliebtheit einer solchen Arbeit, so war der FRAGEBOGEN 2 auf die Inhalte und die Merkfähigkeit ausgerichtet. Dieser wurde nach dem Ausfüllen des FRAGEBOGEN 1 in der darauf folgenden Stunde ausgeteilt und hatte die Aufgabe Gemerktes und Verstandenes zu dokumentieren. Auch in diesem Fall waren die Schüler/innen nicht darauf vorbereitet und sie konnten wirklich nur die nach zwei Monaten gemerkten Daten wiedergeben. Die Fragen lauteten wie folgt:

FRAGEBOGEN 2

Die ersten beiden Fragen bezogen sich bewusst noch einmal auf die Durchführung des Projekts, um eine Reflexion bezüglich der ersten Antworten zu erhalten.

Was alles hat mir am Projekt gefallen?

Acht Mal kam die Antwort: die Experimente. Experimente im Internet suchen; das Arbeiten am Computer; das miteinander Arbeiten; Die Teamarbeit – mehr Zeit für die Mitschüler; dass wir selber etwas tun konnten und nicht nur vom Lehrer den „Stoff“ bekamen; dass wir wirklich „zusammen gegrübelt“ und	Sieben Schüler/innen lobten die Teamarbeit und meinten es war lustig. Vier weitere Schüler hielten die Experimente für ziel führend und unentbehrlich. ...dass man vieles selber machen durfte, eigene Ideen einbringen konnte, ohne Lehrer im Team arbeiten durfte, den Text selbständig
--	---

überlegt haben; dass das Experiment dann doch funktioniert hat; dass wir den eigentlichen und wirklichen Hintergrund erkannt haben; etwas zu machen das man nie zuvor gesehen hat; mit Hilfe des Computers und aus Büchern Informationen suchen; nette Versuche probieren die coole Effekte hatten	herausfinden aus Internet und Lexikon, Experimente erforschen konnte, selbständig herausfinden konnte wie etwas geht, das Plakat entwerfen, die Powerpoint Präsentation selbst zusammen zu stellen
--	--

Was hat mir am gesamten Projekt absolut nicht gefallen?

Sieben Schüler/innen kritisierten die zu geringe Zeit. Weiters behagte nicht immer die Ausarbeitung des Vortrages. ...dass manche Schüler/innen nicht immer mithalfen, das Lesen, ständiger Stress, alleine arbeiten zu müssen und dass auch zu Hause Arbeiten zu machen waren, ...dass „Tests“ (Festigungsfragen) nach den Referaten zu beantworten waren	Elf Schüler/innen stellten fest, dass die Zeit absolut zu kurz war. Weitere drei Schüler/innen waren mit der Vorstellung des Projektthemas nicht einverstanden und zwei weitere meinten das Thema sei zu schwierig. Zwei Mal wurde mangelnde Zusammenarbeit kritisiert und dass die Zeit für die Hinterfragungen nicht ausreichte. manche Versuche waren kompliziert, zwei Schüler/innen machten oft „Blödsinn“ in der Gruppe, manche Arbeiten mussten zu Hause gemacht werden
--	--

Im Großen und Ganzen deckten sich diese Antworten mit denen im ersten Fragebogen.

Die weiteren Fragen bezogen sich auf die einzelnen Gruppenthemen und waren inhaltlich wie folgt ausgelegt:

Was hat mich bei den angeführten Themen am meisten beeindruckt und an was kann ich mich noch erinnern?

Thema 1: Die Eigenschaften des H₂ bzw. des O₂

das Zusammenwirken der Säure mit MnO	das Experiment zur Herstellung von H ₂ bzw. O ₂
das Entstehen der Gasblasen	H ₂ ist geruch- und farblos
das Entzünden der Gasblasen	O ₂ ist das häufigste Element der Erde
die Powerpoint Präsentation	es sind immer 2 Atome
O ₂ ist lebensnotwendig und fördert Brände	es war cool

Thema 2: Die Reaktion von H₂ mit O₂ (Knallgas)

<p>der Knall</p> <p>Der Knall war nur dann laut, wenn es ein „klarer“ Stoff war.</p> <p>Es war die Reaktion Wasserstoff mit Sauerstoff.</p> <p>Es entstand Wasser.</p>	<p>Der „laute Knall“ wurde von allen registriert.</p> <p>Es war eine kurze und laute Reaktion.</p>
--	--

Thema 3: Der „Graphitminen – Akkumulator“

<p>Die Graphitminen wurden zuerst geladen.</p> <p>Die Graphitminen „speicherten“ den „Strom“.</p> <p>Der Akku setzt sich aus zwei Elementen zusammen.</p> <p>Eine Elektrolyse wird durchgeführt.</p>	<p>„Das Wasser wird aufgeladen“ und dann beim Solarmotor angeschlossen.</p> <p>Der „E-Motor“ funktioniert ganz leicht mit den Bleistiftminen.</p> <p>Der Strom floss von einer Mine zur anderen.</p> <p>Der Strom wurde „angeschaltet“ und die Minen wurden geladen, dann wurde der Strom abgehängt und der Motor drehte sich.</p> <p>Die Stromstärke wurde gemessen.</p> <p>Die Aufladezeit war ziemlich lange.</p> <p>Der Motor ist nicht gleich gegangen.</p> <p>So leicht kann man einen E-Motor mit Bleistiftminen bewegen.</p>
--	--

Thema 4: Der Koks-Wasser-Akku (Brennstoffzelle)

<p>Sie setzt sich aus zwei Elementen zusammen.</p> <p>Protonen wandern durch die spezielle Trennschicht (Folie).</p> <p>Die zwei „Kohlen“ plus der Ladung waren beeindruckend.</p> <p>Leider hat der Solarmotor nur ganz kurz funktioniert.</p> <p>Die zwei geladenen Koksstücke waren eine Energiequelle.</p>	<p>Der Koks-Leitungswasser-Akku war ein voller Erfolg.</p> <p>Die „Kohlestücke“ wurden zuerst im Wasser geladen und sollten dann einen Solarmotor antreiben.</p> <p>Die „Steine“ mussten zuerst im Wasser „aufgeladen“ werden und konnten dann elektrischen Strom abgeben. Es entstanden verschiedene Stoffe an den beiden Koksstücken.</p> <p>Die verschiedenen Stoffe entluden sich wieder.</p>
--	---

	<p>Gasblasen stiegen auf der einen Seite auf.</p> <p>Ein Stoff war Sauerstoff und der andere war Wasserstoff.</p> <p>Dieses Experiment war der Vorläufer zur Brennstoffzelle. Es wurde aufgeladen entladen und der Stromfluss war vorhanden, konnte aber nur schwer den E-Motor bewegen.</p> <p>Die Powerpoint Präsentation war sehr gut gestaltet.</p>
--	---

Thema 5: Die Solarzelle der Solarmotor

<p>Der Versuch zeigte, dass ein E-Motor mit Sonnenenergie funktioniert.</p> <p>Der Motor drehte sich durch die Lichteinwirkung auf die Solarzelle.</p> <p>Man sah, dass er sich bei „mehr“ Lichteinwirkung schneller drehte.</p> <p>Die Solarzelle besitzt eine Trennschicht in Richtung Elektronen.</p> <p>Der Solarmotor dreht sich nur dann, wenn das Licht direkt auf sie (Solarzelle) fällt, wenn man einen „Zettel“ darüber „hält“, dreht er sich langsamer.</p> <p>Die Solarzelle hat eine Trennschicht.</p> <p>Die Solarzelle ist ein elektrisches Bauelement mit einem Halbleiter und es hat mir gefallen.</p> <p>Mit den Sonnenstrahlen kann man eine Drehung im Solarmotor machen.</p> <p>Hier sieht man wie die Energie der Sonne in Zukunft genutzt werden kann.</p> <p>Die Sonne schien und der Motor drehte sich.</p>	<p>Beim Solarmotor muss man eine Lichtquelle auf die Solarzelle „leiten“ und danach dreht sich der E-Motor.</p> <p>Eine mit Sonnenlicht verbundene Solarzelle „wird in Energie umgesetzt“.</p> <p>Die Solarzelle hat einen p-Leiter und einen n-Leiter. Sonne und Licht bewirkten das Drehen des Propellers am Solarmotor.</p> <p>Der Halbleiter der Solarzelle besteht aus Quarzsandplatten die mit Schwermetallen verschmutzt sind,</p> <p>Die Solarzelle verwandelt Licht in Bewegung.</p> <p>Als wir die Solarzelle in die Sonne stellten, drehte sich der E-Motor.</p> <p>Bei diesem Experiment verwendet man die Sonne für eine Bewegung</p>
--	--

Das folgende Thema bildete das eigentliche Ziel der gesamten Projektarbeit im fachspezifischen Bereich. Verständnis und Funktionskenntnis des Energieablaufs zwischen einer Solarzelle und einer PEM – Brennstoffzelle. Obwohl die Funktion dieses Experiments recht komplex und zum Teil eine Herausforderung für die Schüler/innen war, konnten viele Details der Abläufe gut wiedergegeben werden.

Thema 6: Das Brennstoffzellen-Solarautomodell

<p>Bei diesem Experiment konnte man erfahren, dass ein Auto (Modellauto) mit Wasser fahren kann.</p> <p>Das Wasser wurde zerlegt, kam in zwei Tanks und nach dem Fahren war es wieder Wasser.</p> <p>Das Auto fuhr mit Licht und Wasserstoff.</p> <p>Die Präsentation war sehr gut, denn man konnte sehen, dass das Auto mit Wasserstoff fuhr. Die Abgase des Autos waren Wasser, das man aber nicht sehen konnte.</p> <p>Man beobachtete, dass das Auto „glatt“ gut gefahren ist und es war gar nicht umweltschädlich.</p> <p>Dieses Modellauto ist die Chance für die Zukunft und weil es über eine längere Strecke funktionierte, hat es mich sehr beeindruckt.</p> <p>Toll war, dass das Auto mit Sonnenstrahlung und Gas fuhr.</p> <p>Interessant war, dass das Modellauto mit Gas fuhr.</p> <p>Das Auto fuhr und entwickelte selbst den Brennstoff - Wasserstoff</p>	<p>Die Brennstoffzelle wird mit einer Solarzelle aufgeladen und danach fährt das Auto.</p> <p>Das Modellauto fährt mit Licht und Gas.</p> <p>Das „echte“ Auto ist noch sehr teuer, aber es wird in naher Zukunft Autos dieser Art geben, da sie umweltfreundlich sind.</p> <p>Auch im öffentlichen Verkehr wird man sie einsetzen können.</p> <p>Es war verblüffend, dass das Auto vorne eine Solarzelle hatte, aber auch ohne diese fahren konnte. Die Brennstoffzelle besitzt eine PEM – Kunststoffolie.</p> <p>Das Auto wurde zuerst mit der Solarzelle „geladen“ und die Tanks dabei mit Gas gefüllt.</p> <p>Die Gase waren Wasserstoff und Sauerstoff, so fuhr das Auto nicht nur durch Sonnenenergie.</p> <p>Die Fahrt des Autos mit den Gasen war sehr interessant.</p>
--	--

Nachdem die Beantwortungen der Fragen recht aussagekräftig und eindeutig sind, möchte ich hiermit diesen Arbeitsteil beschließen und die Interpretationen der Antworten im Schlussteil abhandeln.

2.3 Schluss

Zwecks besserer Übersicht findet man hier noch einmal eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ziele.

- 1.) Das erste Ziel war die Selbständigkeit der Schüler/innen bei der Ausarbeitung eines Themas mit dementsprechenden Unterlagen zu erreichen.
- 2.) Das zweite Ziel war die Selbständigkeit nicht nur in der theoretischen Arbeit zu einem Thema, sondern auch in der praktischen Handhabung von Materialien und Chemikalien zu erzielen.

3.) Drittes Ziel war es auf Grund der vorangestellten Arbeitssituationen (Selbständigkeit und Eigenständigkeit bei der Durchführung von Arbeitsaufträgen) ein gefestigtes Verständnis und Wissen zu den jeweiligen Themen bei den zuhörenden Schüler/innen zu erlangen. Dies sollte in erster Linie durch die Präsentationen der Experimentalvorträge und zweitens mit Hilfe der Festigungsarbeiten (Fragebögen, Lückentexte, etc.) von staten gehen. In Zukunft könnte diese Arbeit noch ausgeteitet werden, indem die zuhörenden Schüler/innen schon während des Vortrages zur Mitarbeit aufgefördert werden. Zum Beispiel durch „provokante Fragen“, eine eventuelle Lösung zu einem Thema finden lassen. Dies wäre sicher ein weiterer Schritt in Richtung Selbständigkeitsarbeit für eine ganze Klasse.

Einen wichtigen Punkt möchte noch festhalten. Nämlich, dass beide Klassen erst in diesem Schuljahr von mir übernommen wurden und so auch zum ersten Mal im Fach Chemie mit eigenständiger Arbeit konfrontiert waren. Dies erklärt auch die eine oder andere Unmutsäußerung zu den Gruppenarbeiten die für einige Schüler/innen scheinbar markante Probleme aufwarfen. Trotzdem bin ich mit den Ergebnissen für das Erste recht zufrieden und glaube sagen zu können, dass alle drei Ziele erreicht wurden. Dies kommt besonders in den Antworten zu den letzten beiden Themen im vorangestellten Fragebogen zum Ausdruck. Die Aussagen beider Klassen sind eigentlich befriedigend von dem Standpunkt aus betrachtet, dass das Hauptthema tatsächlich den größten Wissensstand wiedergibt.

Das Resümee meinerseits ist, dass Arbeitsaufträge noch einfacher sein müssen (*Thema war zu schwierig / Am Anfang habe ich mich nicht ausgekannt...*) und besonders die „Frage zur Frage“ braucht eine eigene Vorübung (*Zeit für die Hinterfragungen reichte nicht aus*). Dabei wurden zwar gute Ergebnisse erzielt, aber in den vorangestellten Fragebögen kommt eindeutig zum Ausdruck, dass Schüler/innen dabei noch Umsetzungsprobleme hatten. Ein einziger Punkt wird in Hinkunft eher nur schwer zu bewältigen sein, nämlich mehr Zeit für die Durchführung der Arbeiten zu ermöglichen. In Zeiten wo der Druck von mehreren Seiten auf das Zeitpotential (z.B. Stundenkontingentierung) immer größer wird, ist an eine Ausweitung der Unterrichtseinheiten wohl nicht zu denken. Es ist klar, dass eine gewisse Steigerung durch mehr Effizienz in den Vorbereitungen, mehr Erfahrung und weiters auch eine komprimiertere Durchführung der Arbeiten noch zu einer Reduzierung der Zeit führen könnte, nur sieht man auch anhand der vermehrten Arbeitsdurchführungen, die zu Hause gemacht wurden, dass hier keine wirklich große Möglichkeit mehr besteht. Vielleicht ergäbe sich noch eine Lösung in der Zusammenführung von Unterrichtsgegenständen in Blöcken (Naturwissenschaftsblock).

Bevor ich zum Abschluss meiner Ausführungen komme, möchte ich noch darauf hinweisen, dass diese Arbeit nur von den Schülern/innen der beiden vierten Klassen unserer Schule und mir durchgeführt werden konnte. Eine Teamarbeit mit anderen Lehrkräften war leider nicht möglich und auch ein fächerübergreifender Unterricht konnte nur sehr schwer bis gar nicht stattfinden. Ein scheinbarer Grund dafür könnte in der Unerfahrenheit bezüglich neuer Arbeitsmethoden liegen, die in einem Lehrkörper mit älteren Kollegen/innen eben leider besteht. Für ein weiteres Vorhaben in dieser Richtung werde ich versuchen, einen größeren Interessentenkreis aus der Kollegenschaft zu animieren und die nächste Arbeit zumindest in versuchter Teamarbeit probieren.

Alles in allem möchte ich mich abschließend bei allen Betreuern, Vortragenden und Organisatoren der beiden Workshops (Hafnersee - Evaluationsseminar und Salzburg - Schreibworkshop) auf das herzlichste bedanken. Die Arbeiten und Bemühungen waren sehr übersichtlich und hilfreich, auch wenn sie bei dieser Arbeit von mir noch nicht ausreichend berücksichtigt und umgesetzt werden konnten, so war doch vieles für die Zukunft dabei.

3 LITERATUR

ALTRICHTER H. & POSCH P. (2007). Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht. Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung. Vierte überarbeitete und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt

VOIGT C., HOELLER S., KUETER U. (2007). Brennstoffzelle im Unterricht. Zweite Auflage. Kremen: Hydrogeit

ANDERS A., CIEPLIK D., TEGEN H., (2005). Projekt Chemie 4. Erste Auflage. Wien: E. Dorner

MILNER B., & RAY O., (1999). Chemistry. Dritte Auflage. Cambridge: University Press

Sonstige Quellen:

BUCHNER H., (2002/2). Wasserstofftechnik für Kraftfahrzeuge. Wien: Plus Lucis (2/2000). Verein z. Förd. des phys. u. chem. Unterrichts

KLINGLMAIR H. (2004/1). Graphit-Leitungswasser-(Solar-)Akku / Koks-Leitungswasser-Akku. Wien: Plus Lucis (1/2004). V.z.F.d.ph.u.ch. Unterrichts

KLINGLMAIR H. (2004/1). (Solar-) Akku (Brennstoffzelle). Salzburg: Chemie & Schule (1/2004)

Internetadressen:

www.univie.ac.at/chemiedidaktik

(28.5.2007)

http://imst2.uni-klu.ac.at/innovationen/design/s2_i_hlwlinz_auhof_lang_221104.pdf

(28.5.2007)

<http://www.3sat.de/3satframe.php3?a=1&url=http://www.3sat.de/nano/vision/15055/>

(28.5.2007)

<http://www.schule.at/index.php?url=kategorien&kthid=7690>

(28.5.2007)

<http://www.schule.at/index.php?url=kategorien&kthid=7690>

(28.5.2007)

<http://www.seilnacht.com>

(28.5.2007)

ANHANG

Hier sind einige Beispiele der Experimentalvorlagen bzw. Arbeitsblätter mit dem Frageraster. Die Originalausführung der Vorlagen sind in einer pdf-Datei abgespeichert und entstammen einer Ausarbeitung von Hr. Prof. E. Schittelkopf. Leider sind die Vorlagenblätter nicht zur Gänze darstellbar, da sie im Querformat geschrieben sind. Sie können aber jederzeit kopiert werden und erscheinen dann wieder in voller Größe.

Experiment 1: Wasserstoffnachweis**Klasse:****Datum:****Beschreibung:**

- 1) Merke dir den AUFBAU des Versuchs genau! Zeichne eine SKIZZE!
- 2) Fülle die Glaswanne mit Wasser!
- 3) Richte den Schlauch der WASSERSTOFFFLASCHE zum Füllen her!
- 4) Lass das Gas in eine Wassergefüllte PROVETTE strömen und mach den WASSERSTOFFNACHWEIS! (LEHRER fragen)

Skizze:**Material:**WASSERWANNE, PROVETTEN, GASFLASCHE (H_2), ZÜNDER

Wasser

Name:	1. Frage:	2. Frage:	3. Frage:
Name:			
Name:			
Name:			

Experiment 2: Sauerstoffnachweis

Beschreibung:

- 5) Merke dir den AUFBAU des Versuchs genau! Zeichne eine SKIZZE!
- 6) Fülle die Glaswanne mit Wasser!
- 7) Richte den Schlauch der SAUERSTOFFFLASCHE zum Füllen her!
- 8) Lass das entstandene Gas in eine Wassergefüllte PROVETTE strömen!
- 9) Mach mit einem glimmenden Holzspan den SAUERSTOFFNACHWEIS! (LEHRER fragen)

Material:

WASSERWANNE / PROVETTEN / SAUERSTOFFGASFLASCHE
ZÜNDER
Wasser / Sauerstoff

Skizze:

Name:	1. Frage:	2. Frage:	3. Frage:
Name:			
Name:			

Experiment 3: Zerlegung des **Wassers** in seine Elemente **H₂** / **O₂**

Beschreibung:

- 10) Merke dir den AUFBAU des Versuchs genau! Zeichne eine SKIZZE!
- 11) Fülle die „ELEKTRODENSPRITZE“ mit 10% SODAWASSER!
- 12) Schließe die Elektroden an und lass das entstehende Gas über das Schläuchen in die abgeschnittene Spritze strömen!
- 13) In der abgeschnittenen Spritze befindet sich Wasser mit Geschirrspülmittel.
- 14) Wenn die Gasblasen bis zum „KONTAKT“ aufgestiegen sind; Zünde mit dem PIEZUZÜNDER die Gasblasen!
- 15) Beobachte was geschieht!

Material:

SPRITZENKONSTRUKTION, 2 ELEKTRODEN, STROMQUELLE, PIEZUZÜNDER

Wasser + Natriumdicarbonat (Soda), Geschirrspülmittel (Priel) + Wasser,

Skizze:

Name:	1. Frage:	2. Frage:	3. Frage:
Name:			
Name:			

Die folgende Tabelle zeigt das selbst entworfene Beurteilungsblatt zu den Experimentalvorträgen:

BEURTEILUNGSBLATT EXPERIMENTALVORTRÄGE

KLASSE: **THEMA:**

TEILTHEMEN	ANMERKUNGEN	BEURTEILUNGEN 1 - 5
MOTIVATION EINSTIEG		
VORTRAG		
PRÄSENTATION Power. point Poster		
EXPERIMENT VORFÜHRUNG		
WIEDERHOLUNG Fragen / Lückentext etc.		
FESTIGUNG Zusammenfassung		

Namen der Gruppenteilnehmer	EINZELBEURTEILUNGEN
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	

GESAMTBEURTEILUNG:

Auf den folgenden zweieinhalb Seiten befinden sich zwei Rückblicksblätter die auch zur Überprüfung des Gesamtwissens über das Projekt als Lernzielüberprüfung verwendet wurden.

LZÜ CH 4.a RÜCKBLICK – **BRENNSTOFFZELLENPROJEKT** 08.02.2007

- 1) Wie funktioniert der **SAUERSTOFFNACHWEIS**?
 - a) Knallgasprobe
 - b) Glimmspanprobe
 - c) Lichtprobe

- 2) Wann ist reiner **WASSERSTOFF** in der Provette?
 - a) bei einem lauten Knall
 - b) bei einem leisen Pfiff
 - c) bei einem leisen dumpfen Blopp?

- 3) In welchem Verhältnis steht **H₂** zu **O₂** wenn es **KNALLGAS** ist?
 - a) 3 H : 2 O
 - b) 2 H : 4 O
 - c) 2 H : 1 O

- 4) Welche Gase entstehen beim **Laden der BLEISTIFTMINEN** mit elektrischem Strom?
 - a) SAUERSTOFF & KOHLENSTOFF
 - b) CHLOR & WASSERSTOFF
 - c) WASSERSTOFF & SAUERSTOFF
 - d) STICKSTOFF & WASSERSTOFF

- 5) Warum kommt es beim **ENTLADEN der Bleistiftminen** zu einem Stromfluss?

Weil die Elektronen des Wasserstoffs

- 6) Was besitzt der **KOKS-LEITUNGSWASSER-AKKU**, das der **BLEISTIFTMINEN-AKKU** nicht besitzt?

- 7) Wie nennt man die beiden **HALBLEITERSCHICHTEN** in einer SOLARZELLE?

- 8) Wodurch werden die ELEKTRONEN in einer Solarzelle in Bewegung gesetzt?
- a) SCHWERMETALL
 - b) SONNENSTRAHL
 - c) QUARZSAND
 - d) AKKUMULATOR

- 9) Welches Teilchen eines H_2 – Atoms wird von der **BRENNSTOFFZELLENMEMBRAN** zurückgehalten?

- 10) Welcher Stoff bleibt nach der **BRENNSTOFFZELLENREAKTION** als Rückstand (Abgas) über?

LZÜ CH 4.b RÜCKBLICK – **BRENNSTOFFZELLENPROJEKT** 09.02.2007

- 1) Mit welcher Probe führt man den **SAUERSTOFFNACHWEIS** durch?

- a) Knallgasprobe
- b) Glimmspanprobe
- c) Lichtprobe

- 2) Nenne drei wichtige Merkmale des **WASSERSTOFFS**!

- a)
- b)
- c)

- 3) Welcher Stoff entsteht bei der Zündung von H_2 mit O_2 ?

- 4) Welche Gase entstehen beim **Laden der BLEISTIFTMINEN** mit elektrischem Strom?

- a) SAUERSTOFF & KOHLENSTOFF
- b) CHLOR & WASSERSTOFF
- c) WASSERSTOFF & SAUERSTOFF
- d) STICKSTOFF & WASSERSTOFF

- 5) Was passiert, wenn man die geladenen **BLEISTIFTMINEN** an einen **SOLAR-ELEKTROMOTOR** anschließt?

- 6) Was besitzt der **KOKS-LEITUNGSWASSER-AKKU**, das der **BLEISTIFTMINEN-AKKU** nicht besitzt?
- a) zwei elektrische Pole b) H_2 und O_2 – Gasblasen
 - c) eine Kunststoff – Trennfolie d) geladene Spannung
- 7) Wie heißen die beiden **LEITERSCHICHTEN** einer **SOLARZELLE**?
- 8) Wodurch wird elektrischer Strom in einer **SOLARZELLE** erzeugt?
- 9) Welches Teilchen eines H_2 – Atoms wird von der **BRENNSTOFFZELLENMEMBRAN** zurückgehalten?
- a) das Neutron b) das Proton c) das Elektron d) das Photon
- 11) Wo wandert dieses TEILCHEN hin?
- a) in den Wasserstofftank b) in den Sauerstofftank
 - c) in den Elektromotor d) in die Solarzelle
- 10) Welcher Stoff bleibt nach der **BRENNSTOFFZELLENREAKTION** als Rückstand über?